



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 10 372 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 01 B 7/30

②① Aktenzeichen: 102 10 372.0
②② Anmeldetag: 8. 3. 2002
④③ Offenlegungstag: 25. 9. 2003

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Degen, Martin, 61352 Bad Homburg, DE; Eichhorn,
Alexander, 16278 Pinnow, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

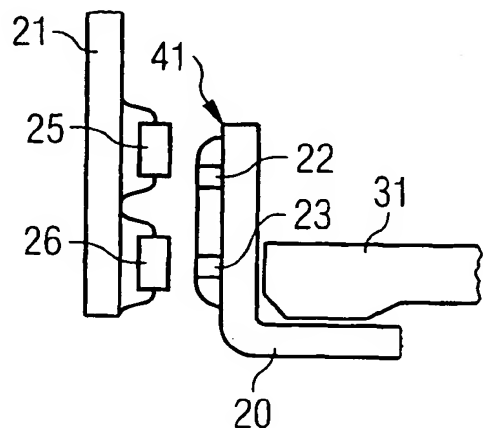
| | |
|----|---------------|
| DE | 198 18 799 C2 |
| DE | 44 40 214 C2 |
| DE | 195 39 134 A1 |
| DE | 195 34 995 A1 |
| DE | 39 03 359 A1 |
| DE | 89 09 677 U1 |
| US | 48 10 967 |

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Drehwinkelsensor mit hoher Winkelauflösung

⑤⑦ Gegenstand der Erfindung ist ein Drehwinkelsensor mit hoher Winkelauflösung, welcher eine Magnetspur auf einem Polrad aufweist, in der magnetische Nord- und Südpole abwechselnd angeordnet sind und deren Lage relativ zu einem drehfesten Bauteil mit einem Magnetfeldsensor erfasst wird.

Um ein Drehwinkelsensorsystem mit einer möglichst hohen Winkelauflösung anzugeben, sind dem Polrad (20) in einer ersten magnetischen Spur (22), welche radial zur Drehachse (24) des Polrades (20) angeordnet ist, zur Erfassung der Polradstellung bei Inbetriebnahme Nord- (22a) und Südpole (22b) mit einer vorgegebenen Bogenlänge aufmagnetisiert, deren Feldstärke von mindestens einem ersten, zur Spur (22) angeordneten Magnetfeldsensor (25) erfasst wird und in einer zweiten Spur (23), die annähernd konzentrisch zur ersten Spur (22) angeordnet ist, Nord- (23a) und Südpole (23b) aufmagnetisiert, deren Bogenlänge einen Bruchteil der Bogenlänge der Pole (22a, 22b) der ersten Spur (22) ausmacht und deren Feldstärke, entlang der Spur (23) aus Nord- (23a) und Südpolen (23b), von mindestens einem zweiten, zur Spur (23) angeordneten Magnetfeldsensor (26) vermessen wird, wobei der zweite Magnetfeldsensor (26) in einem vorgegebenen Abstand zum Polrad (20), in welchem der sinusförmige Anteil der magnetischen Feldstärke dominiert, angeordnet ist und ein dem sinusförmigen Anteil der Feldstärke der zweiten Spur (23) proportionales Signal ausgibt.



24

BEST AVAILABLE COPY

DE 102 10 372 A 1

DE 102 10 372 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft einen Drehwinkelsensor mit hoher Winkelauflösung, welcher eine Magnetspur auf einem Polrad aufweist, in der magnetische Nord- und Südpole abwechselnd angeordnet sind und deren Lage relativ zu einem drehfesten Bauteil mit einem Magnetfeldsensor erfasst wird.

[0002] Aus der europäischen Patentanmeldung EP 0 213 732 A1 ist ein gattungsgemäßes Sensorsystem zur Erfassung der Rotation eines Objektes bekannt. Dieses Sensorsystem besteht aus einem magnetischen Ring, der aus einem Kunstharz mit eingemengten ferromagnetischen Materialien aufgebaut ist. Der Ring besitzt auf seinem Umfang alternierend angeordnete magnetische Nord- und Südpole. Die Bewegung der Nord- und Südpole relativ zu einem drehfesten Bauteil wird mit einem mit dem drehfesten Bauteil verbundenen Sensor für magnetische Felder gemessen.

[0003] Das in der EP 0 213 732 A1 offenbarte Polrad ist mit magnetischen Polen aufgebaut, die jeweils eine große Bogenlänge belegen und somit ein großes Winkelsegment überdecken. Da bei diesem System durch jeden am Magnetfeldsensor vorbeibewegten Nord- oder Südpol ein elektronisch zählbares Signal erzeugt wird, entspricht die maximale Winkelauflösung dieses Systems dem von einem Pol belegten Winkelsegment. Wenn die magnetische Feldstärke der Pole über einen gewissen Luftspalt von einem Sensor sicher detektiert werden soll, kann die Bogenlänge eines Magnetpols auf dem Polrad nicht ausreichend klein gestaltet werden, um eine hochaufgelöste Winkelmessung mit einem derartigen System zu ermöglichen.

[0004] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Drehwinkelsensorsystem mit einer möglichst hohen Winkelauflösung anzugeben.

[0005] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass dem Polrad in einer ersten magnetischen Spur, welche radial zur Drehachse des Polrades angeordnet ist, zur Erfassung der Polradstellung bei Inbetriebnahme Nord- und Südpole mit einer vorgegebenen Bogenlänge aufmagnetisiert sind, deren Feldstärke von mindestens einem ersten zur Spur angeordneten Magnetfeldsensor erfasst wird und in einer zweiten Spur, die annähernd konzentrisch zur ersten Spur angeordnet ist, Nord- und Südpole aufmagnetisiert sind, deren Bogenlänge einen Bruchteil der Bogenlänge der Pole der ersten Spur ausmacht und deren Feldstärke, entlang der Spur aus Nord- und Südpolen, von mindestens einem zweiten zur Spur angeordneten Magnetfeldsensor vermessen wird, wobei der zweite Magnetfeldsensor in einem vorgegebenen Abstand zum Polrad, in welchem der sinusförmige Anteil der magnetischen Feldstärke dominiert, angeordnet ist und ein dem sinusförmigen Anteil der Feldstärke der zweiten Spur proportionales Signal ausgibt.

[0006] Die Erfindung hat den Vorteil, dass mit Hilfe der ersten groben magnetischen Spur, im Folgenden auch als Grobspur bezeichnet, nach dem Start des Drehwinkelsensorsystems eine schnelle und grobe Erfassung der Polradposition erzielt wird, wonach mit Hilfe der zweiten feinen magnetischen Spur, im Folgenden auch als Feinspur bezeichnet, eine hochaufgelöste Drehwinkelerfassung erfolgt. Die Feldstärke über der Feinspur folgt in einem vorgegebenen Abstand zur Spur in erster Näherung einer Sinusfunktion mit Nulldurchgängen bei den Übergängen von einem zum anderen Pol. Die Feinspur wird von mindestens einem Magnetfeldsensor vermessen, der ein zur Magnetfeldstärke proportionales Ausgangssignal erzeugt. Dieses annähernd sinusförmige Ausgangssignal wird zwischen zwei benachbarten, gleichnamigen Polen mit Hilfe einer Winkelfunktion linearisiert, was den Vorteil hat, dass ein hochaufgelöstes, lineares Signal zur Verfügung steht, das dem Drehwinkel in-

nerhalb des Winkelsegments eines Polpaares der Feinspur proportional ist.

[0007] In einer Ausgestaltung der Erfindung wird der ausschließlich sinusförmige Feldstärkeverlauf in der zweiten Spur durch eine Aneinanderreihung von magnetischen Nord- und Südpolen unterschiedlicher Feldstärke erzeugt. Dies hat den Vorteil, dass die über der Feinspur eingesetzten linearen Magnetfeldsensoren in enger räumlicher Nähe zur Magnetspur platziert werden können, um dort das sinusförmige Magnetfeld mit einer hohen Feldstärke zu vermessen. Diese Anordnung führt zu Signalen der Sensoren, die eine hohe Amplitude aufweisen und durch elektronische Störsignale nur in sehr geringem Maße beeinflusst werden.

[0008] In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die zweite Spur von mindestens zwei so zueinander versetzten Magnetfeldsensoren vermessen, dass der zweite Sensor das der Magnetfeldstärke proportionale Sinussignal und ein dritter Sensor ein der Magnetfeldstärke proportionales Kosinussignal erzeugt. Dies hat den Vorteil, dass eventuell vorhandenen Fehler im sinusförmigen Feldstärkeverlauf der Feinspur oder Fehler die durch eingestreute Magnetfelder entstehen durch die Kombination der Signale der zwei unabhängiger Sensoren über der Feinspur weitgehend eliminiert werden. Die so gewonnenen Sinus- und Kosinussignale werden unmittelbar dem Linearisierungsprozess unterzogen.

[0009] In einer weiteren Ausführungsform wird die zweite Spur von dem zweiten Magnetfeldsensor vermessen, der ein der Magnetfeldstärke proportionales Sinussignal erzeugt, zu dem mit Hilfe einer Auswerteschaltung ein Kosinussignal generiert wird. Dadurch ist nur ein linearer Magnetfeldsensor über der Feinspur notwendig, was Kosten, Gewicht und Bauraum spart. Bei ausreichender Genauigkeit der sinusförmigen Magnetisierung, wird das zur Linearisierung des Drehwinkels notwendige Kosinussignal aus dem Sinussignal in der Auswerteschaltung errechnet.

[0010] In einer weiteren Ausgestaltung erzeugt der über der zweiten Spur angeordnete zweite Magnetfeldsensor beim Erreichen einer vorgegebenen Feldstärke ein elektronisch zählbares Signal, wodurch neben der groben Drehwinkelbestimmung mit der Grobspur auch die Feinspur zur inkrementalen Drehwinkelbestimmung verwendet werden kann. Die linearen Magnetfeldsensoren sind zur Erzeugung des elektronisch zählbaren Signals verwendbar, indem man beim Erreichen einer vorbestimmten Signalthöhe einen Zählimpuls elektronisch ableitet.

[0011] Es ist vorteilhaft, wenn die elektronisch zählbaren Signale vom zweiten und dritten Magnetfeldsensor elektronisch mit einem exklusiv-ODER-Gatter verknüpft werden. Durch die exklusiv-ODER-Verknüpfung der elektronisch zählbaren Signale der zwei linearen Magnetfeldsensoren über der Feinspur ergibt sich ein Ausgangssignal mit der doppelten Frequenz, verglichen mit der Frequenz eines linearen Sensors. Das bedeutet, dass die inkrementale Auflösung des Systems aus Feinspur und zwei Magnetfeldsensoren gegenüber der Auflösung der Feinspur durch die Signalverknüpfung verdoppelt wird.

[0012] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist das Polrad aus einem Metall mit einer hohen magnetischen Sättigungsflussdichte gebildet. Dies dient zur Führung der magnetischen Feldlinien auf der Polradseite und trägt damit dazu bei, dass sich die mindestens zwei magnetischen Spuren auf dem Polrad möglichst wenig gegenseitig beeinflussen. Polräder aus Metall genügen den mechanischen Anforderungen an die Festigkeit und die Fertigungstoleranzen. Alternativ dazu ist das Polrad aus Kunststoff oder Kunstharz mit eingemengten ferromagnetischen Bestandteilen mit einer hohen magnetischen Sättigungsflussdichte gebildet.

Dies hat den Vorteil, dass Kunststoffe und Kunstharze billige und leichte Werkstoffe sind, wodurch das Polrad kostengünstig herstellbar ist.

[0013] In einer Weiterbildung ist die erste und/oder die zweite magnetische Spur auf der Stirnseite oder auf der der Stirnseite gegenüberliegenden Seite oder auf der inneren Mantelfläche oder auf der äußeren Mantelfläche des Polrades angeordnet. Dadurch ist das Sensorsystem den baulichen Bedingungen, unter denen der Drehwinkel eines Rotors erfasst werden soll, leicht anpassbar. Alternativ dazu ist die erste und/oder die zweite magnetische Spur im Bereich bis zum Polradfuß angeordnet. Auch hierdurch kann Bau-
raum im zu vermessenden Bauelement vorteilhaft genutzt werden.

[0014] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die erste und/oder die zweite magnetische Spur aus magnetisierter Ferritfolie gebildet. Derartige Folien sind leicht und kostengünstig herstellbar. Alternativ dazu ist die erste und/oder die zweite magnetische Spur aus in Gummi, Kunstharz oder Kautschuk gebundenen magnetisierten Ferriten gebildet. Derartige Spuren sind sehr langzeitbeständig und gewährleisten eine mechanisch stabile Verbindung zum Polrad.

[0015] Die Erfindung lässt zahlreiche Ausführungsformen zu. Eine davon soll anhand der in den Zeichnungen dargestellten Figuren näher erläutert werden.

[0016] Es zeigen:

[0017] Fig. 1 ein Kraftfahrzeug-Lenkhilfesystem unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Drehwinkelsensors,

[0018] Fig. 2 eine geschnittene Ansicht des erfindungsgemäßen Drehwinkelsensors, bestehend aus einem Polrad mit dem zugeordneten Sensorkopf,

[0019] Fig. 3 eine Ansicht eines erfindungsgemäßen Drehwinkelsensors mit einem Segment des Polrades und dem Sensorkopf,

[0020] Fig. 4 eine perspektivische Ansichten des Polrades,

[0021] Fig. 5 das Prinzip der Linearisierung.

[0022] Fig. 1 zeigt ein Kraftfahrzeug-Lenkhilfesystem unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Drehwinkelsensors 1. Eine das Lenkrad 2 tragende Lenksäule 3 greift in ein Lenkgetriebe 4 ein, welches über ein Lenkgestänge 5 die beiden Vorderräder 6, 7 eines Kraftfahrzeuges bewegt. In der Lenksäule 3 ist ein Lenkmomentensensor 8 angeordnet, der über die Leitung 9 mit einem Steuergerät 10 verbunden ist. Am Lenkgetriebe 4 ist ein linearer Wegsensor 16 angeordnet, welcher über die Leitung 11 Sensordaten, die dem Drehwinkel der Lenksäule 3 entsprechen, an das Steuergerät 10 ausgibt. Ein Elektromotor 12 ist über ein Kugelumlaufgetriebe 13 mit der Zahnstange 17 des Lenkgetriebes 4 verbunden. Zur hochauflösenden Drehlagebestimmung des Rotors des Elektromotors 12 ist dieser mit einem erfindungsgemäßen Drehwinkelsensor 1 ausgerüstet. Als Elektromotor 12 wird ein kommutierter Gleichstrommotor verwendet. Der Drehwinkelsensor 1 ist über eine elektrische Leitung 14 mit dem Steuergerät 10 verbunden. Die Leistungsendstufe 10a des Steuergeräts 10 ist über eine weitere elektrische Leitung 15 mit dem Elektromotor 12 verbunden.

[0023] Mit Hilfe des erfindungsgemäßen hochauflösenden Drehwinkelsensors 1 wird ein der Drehlage des Rotors des Elektromotors 12 proportionales Signal erzeugt und über die Leitung 14 ans Steuergerät 10 geleitet, das mit Hilfe einer Endstufe 10a einen kommutierten Strom erzeugt, dessen Stromstärke der Drehlage des Rotors des Elektromotors 12 angepasst ist. Der mit Hilfe des erfindungsgemäßen Drehwinkelsensors 1 angepasste Strom wird über eine elektrische Leitung 15 an den Gleichstrommotor 12 weitergeleitet. Bei konventionell bestromten Elektromotoren 12 mit Blockkommutierung treten starke Drehmomentenschwankungen

auf, da die Erregerwicklungen bei dem konventionellen Verfahren nur mit der vollen zur Verfügung stehenden Stromstärke versorgt oder überhaupt nicht bestromt werden. Die Drehmomentenschwankungen des mit Hilfe des erfindungsgemäßen Drehwinkelsensors 1 kommutierten Elektromotors 12, der die mittels des Lenkrades 2 ausgeführte Lenkbewegung unterstützt, werden minimalisiert, weil die Stromstärke in den Erregerwicklungen des Elektromotors 12 der Drehlage angepasst wird, was ein gleichmäßiges Moment der Lenkunterstützung zur Folge hat.

[0024] Fig. 2 zeigt eine geschnittene Ansicht des erfindungsgemäßen Drehwinkelsensors 1. Der Drehwinkelsensor 1 besteht aus dem Sensorkopf 21 und dem Polrad 20. Der Sensorkopf 21, mit jeweils einem dargestellten Schalthallsensor 25 und einem dargestellten linearen Hallelement 26, ist den Magnetspuren 22 und 23 des Polrades 20 frontal gegenüberliegend angeordnet. Die obere Spur ist hier die Grobspur 22, die von mindestens einem Schalthallsensor 25 erfasst wird und die untere Spur ist die Feinspur 23, die in diesem Ausführungsbeispiel von mindestens einem linearen Hallelement 26 vermessen wird. Es ist nur ein oberes Segment des Polrades 20 dargestellt, da es sich hier um ein rotationssymmetrisches Bauteil handelt. Die Rotationsachse 24 steht senkrecht zur Stirnseite 41 des Polrades 20 und ist in der Zeichnung festgelegt. Das Polrad 20 ist drehfest mit einer Welle 31 verbunden, die in diesem Beispiel die Motorwelle eines bürstenlosen, kommutierten, hier nicht dargestellten Gleichstrommotors ist. Das Polrad 20 besteht aus einem Metall oder einem anderen Werkstoff, der den mechanischen und elektromagnetischen Anforderungen genügt. Das Material für das Polrad 20 muss eine hohe magnetische Sättigungsflussdichte aufweisen und gewissen mechanischen Ansprüchen bezüglich Festigkeit und Fertigungstoleranzen genügen. In diesem Beispiel besteht das Polrad aus einem ferromagnetischen Metall. Das Polrad 20 ist der Träger zweier nebeneinanderliegender, konzentrischer, magnetischer Spuren 22 und 23, die in diesem Ausführungsbeispiel auf der Stirnseite 41 des Polrades 20 unlösbar über Temperatur, Lebensdauer und mechanische Belastung aufgebracht sind. Die beiden magnetischen Spuren 22 und 23 müssen genügend weit voneinander entfernt sein, damit sich ihre Magnetfelder nicht messbar gegenseitig beeinflussen. [0025] In Fig. 3 ist ein erfindungsgemäßer Drehwinkelsensor 1 dargestellt. Es wird eine frontale Ansicht eines Segments des Polrades 20 mit der aufgetragenen Grobspur 22 und der Feinspur 23 sowie dem darüber liegenden Sensorkopf 21 gezeigt. Die Grobspur 22 besteht aus einer Folge von nebeneinanderliegenden Nord- 22a und Südpolen 22b, die jeweils eine relativ große Bogenlänge von ca. 20 mm belegen und die einen in der Zeichnung nicht vollständig dargestellten Kreis bilden, in dessen Zentrum die Drehachse 24 des Polrades 20 liegt.

[0026] Die Magnetisierung der Grobspur 22 erfolgt mit einer sehr großen Flussdichte, so dass sich in geringer Entfernung von der Grobspur 22 ein annähernd rechteckförmiger Feldstärkeverlauf mit einer hohen Flankensteilheit durch die bipolaren Schalthallsensoren 25a, 25b, 25c detektieren lässt. Die so erzeugte elektronische Impulsfolge zeichnet sich durch eine sehr kleine Schalthysterese aus.

[0027] Die Feinspur 23 ist konzentrisch zur Grobspur 22 angeordnet und besteht ihrerseits aus einer Folge von Nord- 23a, 23c, 23e und Südpolen 23b, 23d, 23f, die sich auch zu einem in der Zeichnung nicht vollständig dargestellten Kreis zusammenschließen. Die Feinspur 23 kann innerhalb der Grobspur 22 liegen, es ist aber auch eine Ausfertigung der Erfindung möglich, bei der die Grobspur 22 innerhalb der Feinspur 23 angeordnet ist. Die Bogenlänge der einzelnen Nord-23a, 23c, 23e und Südpole 23b, 23d ist in der Feinspur

23 mit ca. 3 mm pro Pol wesentlich geringer als in der Grobspur 22. Im Kreissegment eines Pols 22b der Grobspur 22 werden in diesem Ausführungsbeispiel sechs Feinspurpole 23a bis 23f mit wechselnder Polarität angeordnet. Der Übergang der Feldstärke zwischen zwei Polen 23a und 23b der Feinspur erfolgt weniger sprunghaft, sondern folgt in einem vorgegebenen Abstand von ca. 0,5 bis 2 mm von der magnetischen Spur 23 weitgehend einer Sinusfunktion mit Nulldurchgängen bei den Übergängen von einem Pol zum anderen.

[0028] Über der Grobspur 22 befinden sich in diesem Ausführungsbeispiel drei Schalthallsensoren 25a bis c, die einen Übergang von einem Nord- 22a zu einem Südpol 22b beziehungsweise von einem Süd- 22b zu einem Nordpol 22a erkennen und beim Erreichen einer bestimmten Feldstärke ein fest vorgegebenes Ausgangssignal erzeugen. Mit diesen drei Schalthallsensoren 25a bis c über der Grobspur 22 ist eine grobe Drehwinkelerkennung des Polrades 20 direkt nach der Inbetriebnahme des Systems möglich. Soll zum Beispiel die Drehlage eines Elektromotors mit 5 Polpaaren erkannt werden, unterteilt man auch die Grobspur 22 in 5 Polpaare, die jeweils ein Segment von 72° belegen. Diese 5 Polpaare belegen dann den gesamten Vollkreis. Mit den drei Schalthallsensoren 25a bis c über einem Polpaar 22a, 22b der Grobspur 22 kann dann eine Drehlageerkennung mit einer Auflösung von 12° erfolgen.

[0029] Zur hochauflösenden Drehwinkelerkennung wird die Feinspur 23 in einem zweistufigen Prozess verwendet. In einer ersten Stufe ist mit Hilfe der Nord- 23a und Südpole 23b, die in der Feinspur 23 eine wesentlich kleinere Bogenlänge überdecken als in der Grobspur 22, eine genauere inkrementale Winkelerkennung als mit der Grobspur 22 möglich, da von den Hallelementen 26a und 26b über der Feinspur 23 beim Erreichen einer vorgegebenen Feldstärke ein elektronisch zählbares Signal abgeleitet wird, das einer inkrementalen Drehwinkeländerung zugeordnet wird. Die über der Feinspur 23 angeordneten Hallelemente 26a und 26b sind, im Gegensatz zu den Schalthallsensoren 25a bis 25c über der Grobspur 22, als lineare Hallelemente 26a und 26b ausgebildet. Lineare Hallelemente 26a und 26b liefern ein der Magnetfeldstärke proportionales Ausgangssignal. Die linearen Hallelemente 26a und 26b detektieren den annähernd sinusförmigen Anteil des Magnetfeldstärkeverlaufs über der Feinspur 23 und erzeugen ein der Feldstärke entsprechendes Ausgangssignal. Der sinusförmige Feldstärkeverlauf in der Feinspur 23 wird erzeugt, indem in jeder Nord- 23a, 23c, 23e und Südpol 23b, 23d, 23f als Folge von kleineren Magneten der entsprechenden Polarität aufgebaut ist, wobei die Feldstärke der einzelnen kleineren Magnete so angepasst ist, dass der Feldstärkeverlauf über einem jeden Pol 23a bis 23f der Feinspur 23 der Sinusform folgt. Da aber auch ein rechteckiger Feldstärkeverlauf in eine Reihe von Sinusfunktionen mit ansteigendem Exponenten und abfallenden Amplituden zerlegt werden kann, ist es möglich in einem bestimmten Abstand von der Feinspur 23 den weitgehend sinusförmigen Anteil einer Rechteckmagnetisierung zu detektieren. In diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung sind über der Feinspur 23 zwei um 90° phasenversetzte lineare Hallelemente 26a und 26b angeordnet. Vorteilhafterweise werden die zwei linearen Hallelemente als zusammenhängender Doppel-Die auf einem Wafer ausgebildet, was eine äußerst präzise Positionierung der linearen Hallelemente zueinander ermöglicht und deren Anordnung in einem Gehäuse sehr vereinfacht. Mit dem linearen Doppelschalthallsensor stehen zwei um 90° phasenverschobene, annähernd sinusförmige, elektrische Ausgangssignale zur Verfügung, die mit Hilfe der Arkustangens-Funktion zu einem linearen Signal zwischen zwei benachbarten gleichnamigen

magnetischen Polen 23a und 23c verarbeitet werden. Anhand dieses linearen Signals erfolgt eine äußerst genaue Bestimmung des Drehwinkels zwischen zwei benachbarten gleichnamigen Polen 23a und 23c der Feinspur 23. Ist der Bereich zwischen zwei benachbarten gleichnamigen Polen 23a und 23c der Feinspur 23 durch die Drehung des Polrades 20 überschritten, wird zwischen den folgenden gleichnamigen Polen 23c und 23e der Feinspur 23 in gleicher Weise der Drehwinkel mit Hilfe der Sinussignale linearisiert und mit hoher Auflösung bestimmt. Auf diese Weise ist eine hochauflösende Drehwinkelbestimmung über den gesamten Drehbereich des Polrades 20 möglich, da zwischen allen gleichnamigen magnetischen Polen 23a und 23c, 23c und 23e und so weiter ein hochauflöstes lineares Signal zu Verfügung steht. Nach dem Anlaufen des Systems wird die gesamte Drehlageerkennung mit Hilfe der Feinspur 23 vorgenommen. Die Signale der Grobspur 22 können jedoch weiterhin zur Plausibilisierung der mit Hilfe der Feinspur 23 erkannten Drehlage verwendet werden.

[0030] Fig. 4 zeigt perspektivische Ansichten des Polrades 20. Das Polrad 20 besteht aus einem Ring, der Träger für die, in Fig. 3 gezeigten, Magnetenspur 22 und 23 ist und ringseitig die Feldlinien zwischen den magnetischen Polen 22a und 22b sowie 23a bis 23f führt. Eine weitere Aufgabe des Rings ist es das Sensorsystem gegen eingestreute Magnetfelder abzuschirmen. Der Ring besteht aus einem Material mit einer hohen magnetischen Sättigungsflussdichte. Hierfür kommen zum Beispiel Stähle und Eisensorten, aber auch Polymere und Harze mit eingemengten Materialien mit hoher magnetischer Sättigungsflussdichte in Frage. Die Magnetenspur 22 und 23 werden in diesem Ausführungsbeispiel auf der Stirnseite 41 des Polrades 20 aufgebracht. Die Stirnseite 41 steht senkrecht zur Drehachse 24 des Polrades 20 und ist in diesem Ausführungsbeispiel dem Sensorkopf 21 zugewandt. Die Magnetenspur 22 und 23 können aber auch vorteilhaft auf der der Stirnseite 41 entgegengesetzten Seite 44 oder der inneren 43 bzw. äußeren Mantelfläche 42 aufgebracht sein sowie den Bereich bis zum Polradfuß 45 bedecken. Jede mögliche Spurlagekombination ist ebenfalls unter Ausnutzung von Vorteilen einführbar. Zum Beispiel ist es möglich die Grobspur 22 auf die innere Mantelfläche 43 und die Feinspur 23 auf die äußere Mantelfläche 42 zu legen. Die Magnetenspur 22 und 23, die aus einer Folge sich abwechselnder magnetischer Nord- 22a bzw. 23a, 23c, 23e und Südpole 22b bzw. 23b, 23d, 23f bestehen, können aus gummi-, kunstharz- oder kunststoffgebundenen, magnetisierten Ferriten bestehen oder als magnetisierte Ferritfolie aufgebracht sein. Das Polrad 20 kann zur Verbindung mit einer Welle 31, deren Drehwinkel erfasst werden soll, auf diese aufgeschraubt, aufgenietet, aufgepresst, aufgeklebt oder aufgeschweißt werden oder mit dieser in einer anderen bekannten Art verbunden werden.

[0031] In Fig. 5 wird das Prinzip der Linearisierung dargestellt. Im Diagramm A ist das Signal, das das erste lineare Hallelement liefert, dargestellt. In einer Entfernung von etwa 0,5–2 mm von der Feinspur 23 (in Fig. 3) erfasst das erste lineare Hallelement 26a (in Fig. 3) einen gut sinusförmigen Feldstärkeverlauf und erzeugt ein dementsprechendes Ausgangssignal.

[0032] Im Diagramm B ist das zu Signal A korrespondierende Signal des zweiten, um 90° phasenversetzten, linearen Hallelements 26b (in Fig. 3) dargestellt. Das zweite lineare Hallelement 26b erfasst, in einer Entfernung von etwa 0,5–2 mm von der Feinspur, den kosinusförmigen Feldstärkeverlauf und erzeugt ein dementsprechendes Ausgangssignal.

[0033] Mit Hilfe einer Winkelfunktion werden die in den Diagrammen A und B dargestellten Signale linearisiert, wo-

durch das im Diagramm C gezeigte Signal erzeugt wird. Diese lineare Funktion ermöglicht eine eindeutige, hochaufgelöste Zuordnung der Drehwinkel im Bereich eines Polpaars zum Funktionswert des Signals. Die Winkelauflösung des Systems hängt von der Messgenauigkeit der linearen Hallelemente 26a, 26b, der Güte des sinusförmigen Feldstärkeverlaufs und der Leistungsfähigkeit der nachfolgenden signalverarbeitenden Elektronik ab.

[0034] Schwankungen der Signalamplitude, die sich aus Abstandsänderungen der Detektoren zur Feinspur 23, durch eingestreute Störfelder oder durch inhomogene Magnetmaterialien ergeben können, werden durch die Bildung eines Quotienten aus den beiden Messwerte bei der Linearisierung weitgehend eliminiert. Eine derartige Messfehlereliminierung ist auch durch die Subtraktion der beiden unabhängigen Messwerte erreichbar. Die Fehlereliminierung erfolgt um so besser, um so kleiner der Abstand zwischen den beiden linearen Hallelementen 26a, 26b gehalten wird.

Bezugszeichenliste

| | | |
|-------------|--|--|
| 1 | erfindungsgemäßer Drehwinkelsensor | |
| 2 | Lenkrad | |
| 3 | Lenksäule | |
| 4 | Lenkgetriebe | |
| 5 | Lenkgestänge | |
| 6 | rechtes Vorderrad | |
| 7 | linkes Vorderrad | |
| 8 | Lenkmomentensensor | |
| 9 | elektrische Leitung | |
| 10 | Steuergerät | |
| 10a | Leistungsendstufe des Steuergeräts | |
| 11 | elektrische Leitung | |
| 12 | Elektromotor | |
| 13 | Kugelumlaufgetriebe | |
| 14 | elektrische Leitung | |
| 15 | elektrische Leitung | |
| 16 | linearer Wegsensor | |
| 17 | Zahnstange | |
| 20 | Polrad | |
| 21 | Sensorkopf | |
| 22 | Grobspur bestehend aus magnetischen Nord- und Südpolen 22a und 22b | |
| 23 | Feinspur bestehend aus magnetischen Nord- und Südpolen 23a bis 23f | |
| 24 | Rotationsachse | |
| 25 | mindestens ein Schalthallsensor | |
| 25a bis 25c | Schalthallsensoren | |
| 26 | mindestens ein lineares Hallelement | |
| 26a und 26b | lineare Hallelemente | |
| 31 | Welle | |
| 41 | Stirnseite des Polrades | |
| 42 | äußere Mantelfläche des Polrades | |
| 43 | innere Mantelfläche des Polrades | |
| 44 | der Stirnseite entgegengesetzte Seite des Polrades | |
| 45 | Polradfuß | |

Patentansprüche

1. Drehwinkelsensor mit hoher Winkelauflösung, welcher eine Magnetspur auf einem Polrad aufweist, in der magnetische Nord- und Südpole abwechselnd angeordnet sind und deren Lage relativ zu einem drehfesten Bauteil mit einem Magnetfeldsensor erfasst wird, dadurch gekennzeichnet, dass dem Polrad (20) in einer ersten magnetischen Spur (22), welche radial zur Drehachse (24) des Polrades (20) angeordnet ist, zur Erfassung der Polradstellung bei Inbetriebnahme Nord-

(22a) und Südpole (22b) mit einer vorgegebenen Bogenlänge aufmagnetisiert sind, deren Feldstärke von mindestens einem ersten, zur Spur (22) angeordneten Magnetfeldsensor (25) erfasst wird und in einer zweiten Spur (23), die annähernd konzentrisch zur ersten Spur (22) angeordnet ist, Nord- (23a) und Südpole (23b) aufmagnetisiert sind, deren Bogenlänge einen Bruchteil der Bogenlänge der Pole (22a, 22b) der ersten Spur (22) ausmacht und deren Feldstärke, entlang der Spur (23) aus Nord- (23a) und Südpolen (23b), von mindestens einem zweiten, zur Spur (23) angeordneten Magnetfeldsensor (26) vermessen wird, wobei der zweite Magnetfeldsensor (26) in einem vorgegebenen Abstand zum Polrad (20), in welchem der sinusförmige Anteil der magnetischen Feldstärke dominiert, angeordnet ist und ein dem sinusförmigen Anteil der Feldstärke der zweiten Spur (23) proportionales Signal ausgibt.

2. Drehwinkelsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der ausschließlich sinusförmige Feldstärkeverlauf in der zweiten Spur (23) durch eine Aneinanderreihung von magnetischen Nord- (23a) und Südpolen (23b) unterschiedlicher Feldstärke erzeugt ist.

3. Drehwinkelsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Spur (23) von mindestens zwei so zueinander versetzten Magnetfeldsensoren (26a, 26b) vermessen wird, dass der zweite Sensor (26a) das der Magnetfeldstärke proportionale Sinussignal und ein dritter Sensor (26b) ein der Magnetfeldstärke proportionales Kosinussignal erzeugt.

4. Drehwinkelsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Spur (23) von dem zweiten Magnetfeldsensor (26) vermessen wird, der ein der Magnetfeldstärke proportionales Sinussignal erzeugt, wobei der Magnetfeldsensor (26) mit einer Auswerteschaltung (10) verbunden ist, die ein Kosinussignal generiert.

5. Drehwinkelsensor nach Anspruch 3 oder 4 dadurch gekennzeichnet, dass das Sinussignal und das Kosinussignal unter Anwendung einer Winkelfunktion elektronisch zu einem der Drehlage des Polrades (20) proportionalen, linearen Signal verarbeitet wird.

6. Drehwinkelsensor nach Anspruch 1, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der über der zweiten Spur (23) angeordnete zweite Magnetfeldsensor (26) beim Erreichen einer vorgegebenen Feldstärke ein elektronisch zählbares Signal erzeugt.

7. Drehwinkelsensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronisch zählbaren Signale vom zweiten (26a) und dritten Magnetfeldsensor (26b) elektronisch mit einem exklusiv-ODER-Gatter verknüpft werden.

8. Drehwinkelsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Polrad (20) aus einem Metall mit einer hohen magnetischen Sättigungsflussdichte gebildet ist.

9. Drehwinkelsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Polrad (20) aus Kunststoff oder Kunstharz mit eingemengten ferromagnetischen Bestandteilen mit einer hohen magnetischen Sättigungsflussdichte gebildet ist.

10. Drehwinkelsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder die zweite magnetische Spur (22, 23) auf der Stirnseite (41) oder auf der der Stirnseite (41) gegenüberliegenden Seite (44) oder auf der inneren Mantelfläche (43) oder auf der äußeren Mantelfläche (42) des Polrades (20) angeordnet

ist.

11. Drehwinkelsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder die zweite magnetische Spur (22, 23) im Bereich bis zum Polradfuß (45) des Polrades (20) angeordnet ist. 5
12. Drehwinkelsensor nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder die zweite magnetische Spur (22, 23) aus einer magnetisierten Ferritfolie gebildet ist.
13. Drehwinkelsensor nach einem der Ansprüche 10 1-11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder die zweite magnetische Spur (22, 23) aus in Gummi, Kunstharz oder Kautschuk gebundenen magnetisierten Ferriten gebildet ist.
14. Drehwinkelsensor nach einem der Ansprüche 15 1-11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und/oder die zweite magnetische Spur (22, 23) aus in Kunststoff gebundenen Magneten gebildet ist.
15. Drehwinkelsensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Signalen der zwei Magnetfeldsensoren (26a, 26b) über der zweiten Spur (23) ein Quotient gebildet wird. 20
16. Drehwinkelsensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Signalen der zwei Magnetfeldsensoren (26a, 26b) über der zweiten Spur (23) eine Differenz gebildet wird. 25

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY

FIG 3

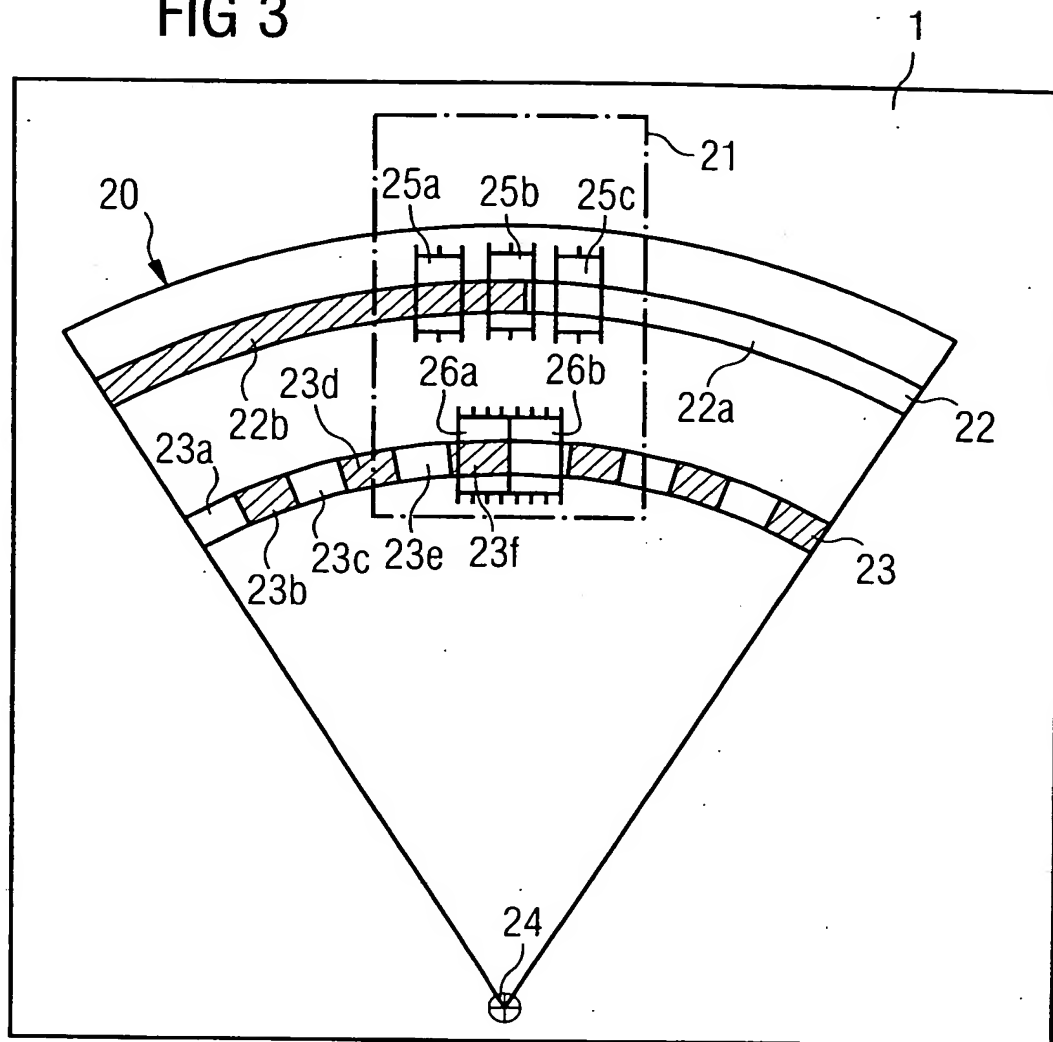


FIG 4

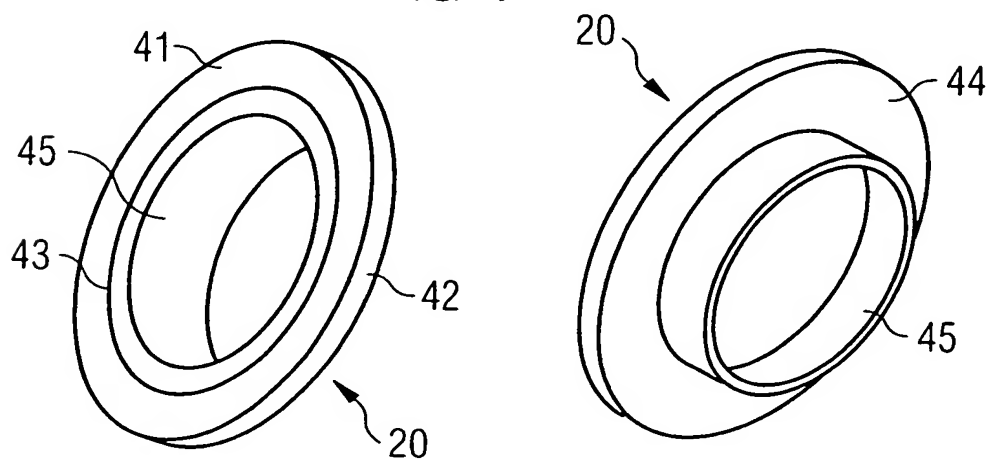
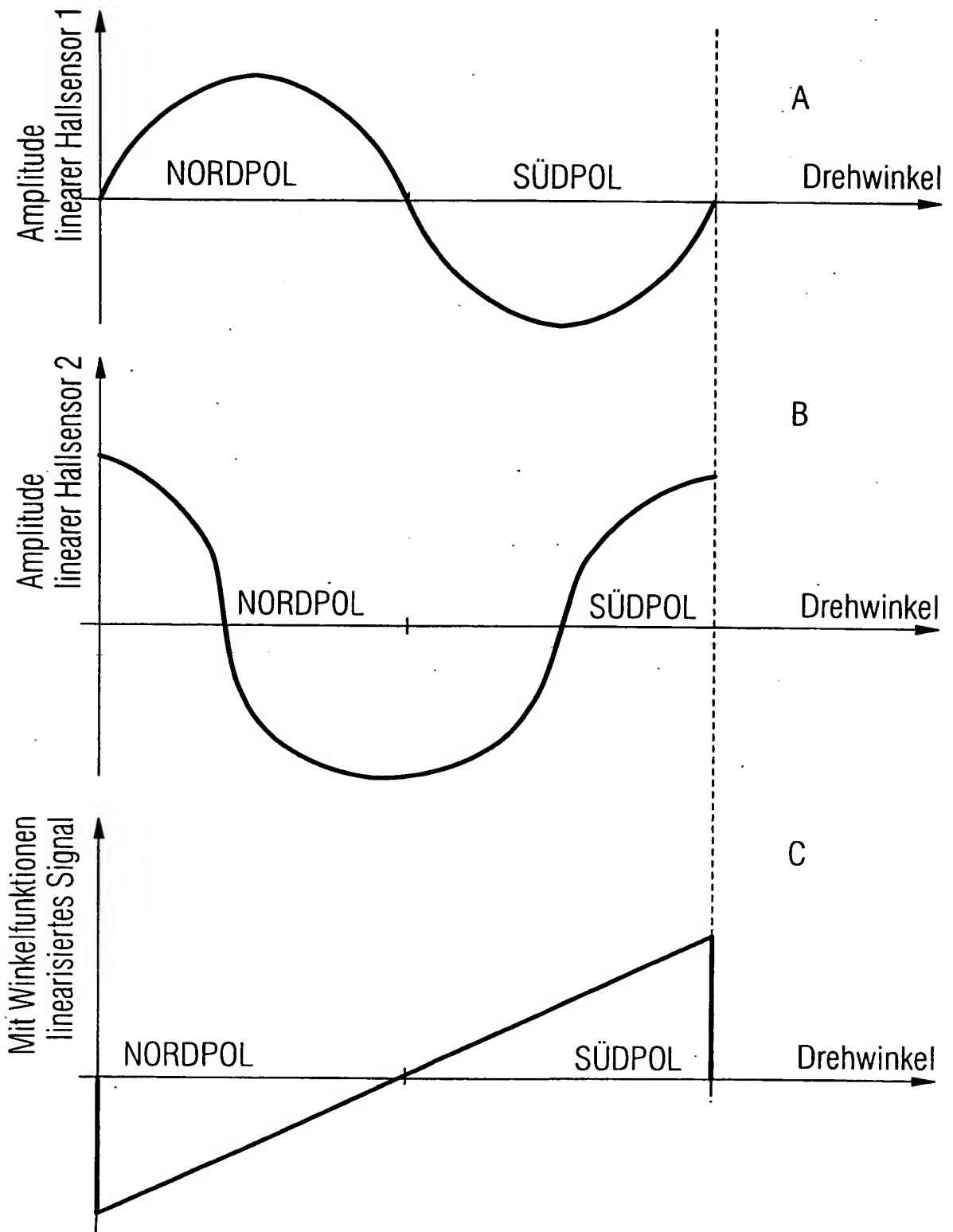


FIG 5



BEST AVAILABLE COPY